

Chirurgische Klinik der Universität Münster (Westf.)
(Direktor: Prof. Dr. Coenen)

Über angeborene und erworbene Synostosen der Wirbelsäule

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Hohen Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität
zu Münster (Westf.)

vorgelegt von
Adam Nagel
aus Wanne-Eickel

Chirurgische Klinik der Universität Münster (Westf.)
(Direktor: Prof. Dr. Coenen)

Über angeborene und erworbene Synostosen der Wirbelsäule

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Hohen Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität
zu Münster (Westf.)

vorgelegt von
Adam Nagel
aus Wanne-Eickel

Dekan: Prof. Dr. Klinge
Referent: Prof. Dr. H. Walter
Correferent: Prof. Dr. H. Coenen



Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Münster

Über angeborene und erworbene Synostosen der Wirbelsäule.

In der Chirurgischen Universitätsklinik zu Münster (Westf.) befinden sich in der anatomischen Sammlung Präparate synostotischer Wirbel, die als Zufallsbefund auf dem Präparierboden entdeckt wurden. Diese Synostosen sind vielleicht als Vergleichsmaterial mit den röntgenologischen Befunden geeignet, unsere Vorstellung über das Zustandekommen von Verknöcherungsvorgängen zwischen den Wirbeln nachzuprüfen und sollen deshalb hier im einzelnen beschrieben und genauer betrachtet werden.

Das erste Präparat (Abbildung 1a und 1b) stellt eine hochgradige S-Verbiegung einer ausgewachsenen Wirbelsäule dar, an der man drei Krümmungen unterscheiden kann. Die stärkste Krümmung liegt zwischen dem 6. und 11. Brustwirbel. Diese Krümmung muß als die primäre angesehen werden, da sie kurzbogig verläuft, sodaß der obere mit dem unteren Schenkel einen Winkel von ca. 70° bildet. Der Scheitel des Bogens liegt in Höhe des 9. Brustwirbels. Die Verkrümmung des oberhalb dieses Punktes gelegenen Wirbelsäulenabschnittes ist in einem sanften Bogen nach linkskonvex gerichtet, der unterhalb gelegene ebenfalls nach linkskonvex, hauptsächlich durch die verstärkte Lordose auffällig. Gleichzeitig mit den Seitenverkrümmungen erkennt man eine sehr starke Drehung der Wirbelsäule um die Längsachse, durch die an der Stelle der stärksten Verbiegung ein hochgradiger Rippenbuckel entstanden ist. Die Zahl der Wirbelkörper beträgt 34. Obgleich es im Bereich der stärksten Verbiegung zu einer Verschmelzung der Wirbelkörper gekommen ist, lassen sich die einzelnen Wirbel gut voneinander unterscheiden. Die Wirbel der Halsregion sind in ihrer Form und Höhe nicht verändert; ebenso lassen sich an den obersten zwei Brustwirbeln auffallende Veränderungen nicht erkennen. Dagegen zeigen die innerhalb der stärksten Krümmung liegenden Brustwirbel auffallende Veränderungen in Form und Höhe. Die folgenden Lendenwirbel sind wenig verändert. Die deutlichsten Veränderungen weisen die in der stärksten Krümmung gelegenen Brustwirbel 2 bis 11 auf. Die Brustwirbel 2 bis 5 haben typische Keilform; die Spitze des Keiles zeigt nach rechts, weil die Wirbel einem nach rechts gerichteten Druck ausgesetzt sind. Der 6. Brustwirbel, der, zwischen beiden Krümmungen aufgehängt, keinen Druck auszuhalten hat, hat normale Form und Höhe. Brustwirbel 6 bis 11 zeigen wieder typische Keilform, die sehr stark ausgebildet ist. Die Keilspitze ist hier nach links gerichtet, hervorgerufen durch den nach links gerichteten Druck. Zur Synostose vereinigt sind die Brustwirbel 8 bis 10. An der Verknöcherung sind außer Körper und Bögen auch die kleinen Gelenke und Querfortsätze be-

teilt. Die Dornfortsätze, die frei geblieben sind, liegen infolge der Torsion dachziegelartig quer übereinander. Die Bandscheiben sind völlig verschwunden und lassen sich nur an leicht vorspringenden Knochenleistchen andeutungsweise erkennen. Körper, Bögen und die kleinen Gelenke sind völlig verknöchert, die Querfortsätze nur teilweise. Die synostosierte Wirbel lassen makroskopisch eine grobkalkige, kalkreiche Struktur erkennen. Die Rippen sind an ihren sternalen Enden aufgetrieben. Die Beckenachse ist infolge der Verbiegung nach rechts unten abgewichen.

Von diesem Präparat ließ sich eine Röntgenaufnahme leider nicht anfertigen, da das mit Eisen- und Drahtteilen präparierte Skelett eine Auseinandernahme wegen der Brüchigkeit des Materials nicht zuließ. Trotzdem kann man allein auf Grund des makroskopischen Befundes sagen, daß es sich trotz fehlender Vorgeschichte und Röntgenaufnahme um eine angeborene, rachitische Wirbelsäulenverbiegung handelt, bei der es durch Druckwirkung zur Zerstörung der Bandscheiben und Gelenkflächen, sekundär zur Verknöcherung von Wirbeln gekommen ist. Die Zahl der Wirbel ist mit 34 normal. Die einzelnen Segmente sind trotz der starken Synostierung symmetrisch vorhanden und regelmäßig gebildet. Eine angeborene Synostose würde die Verbiegung und die Torsion eher verhindert haben.

Das zweite und dritte Präparat (Abbildung 2a und 2b und IIa und IIb), die aus je zwei Bruchstücken bestehen, stammen aus der Halsregion einer Wirbelsäule. Präparat 2 zeigt eine Synostose des 2. bis 6. Halswirbels. Hier sind die kleinen Gelenke, die Bögen und Körper in einen knöchernen Block verwandelt. Am stärksten zusammengefügt sind die kleinen Gelenke und Bögen. Die Körper dagegen sind noch durch eine geringerhaltene ca. 1 mm breite, teilweise mit Knorpelgewebe ausgefüllte Fuge voneinander getrennt. Die Bruchstelle liegt zwischen 2. und 3. Halswirbel. Der 3. Halswirbel ist stark schlüsselförmig ausgebuchtet und umfaßt den 2. Halswirbel. Die Gelenkflächen der kleinen Wirbelgelenke an der Bruchstelle sind bis auf geringe Randwucherungen glatt. Setzt man die Bruchstücke aufeinander, so kann man feststellen, daß durch den Verknöcherungsprozeß die physiologische Lördose der Halswirbelsäule aufgehoben und eher in eine kyphotische Verbiegung verwandelt ist. Da die einzelnen Wirbelbestandteile trotz der Verknöcherung deutlich voneinander zu unterscheiden sind, muß man annehmen, daß die Wirbel bis zum Abschluß des Längenwachstums selbständig geblieben sind. Der Verknöcherungsprozeß, der in den kleinen Gelenken begonnen hat, hat im Laufe der Zeit Bögen und Körper nacheinander mitergriffen.

Die Röntgenaufnahmen, bei denen die Bruchstücke aufeinander gesetzt sind, bestätigen die letzten Annahmen. Auf der Aufnahme von vorn sind die kleinen Gelenkspalten durch die feste Ankylose völlig verschwunden. Die Wirbelkörper lassen schüsselförmige Ausbuchtungen erkennen, mit denen sie ineinander greifen. Am deutlichsten zu sehen sind diese Ausbuchtungen an der Bruchstelle zwischen 2. und 3. Halswirbel. Die Zwischenwirbelräume sind noch als mehr oder weniger unregelmäßig gebildete, ca. 2 mm breite Spalten vorhanden, obgleich

sie im makroskopischen Präparat nur stellenweise als Restfugen erhalten sind. Im Bereich der stärksten Synostosierung finden sich auch die dichtesten Verschattungen.

Auf der Seitenaufnahme stellen sich die Zwischenwirbelräume als noch breitere Spalten dar als auf der Aufnahme von vorn. Eine synostotische Vereinigung der Wirbelkörper ist nur an den nach unten zu Spitzen ausgezogenen ventralen Begrenzungsflächen der Wirbel erkennbar, während das Fehlen der kleinen Gelenkspalten die feste Ankylose der kleinen Wirbelgelenke darstellt. Die dichtesten Verschattungen finden sich auch hier im Bereich der stark synostotierten kleinen Wirbelgelenke.

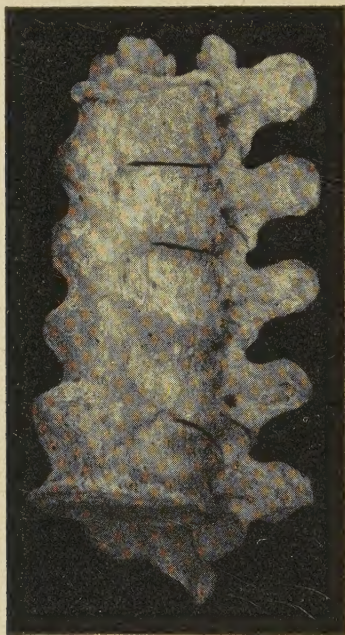
Präparat 3 unterscheidet sich im wesentlichen von Präparat 2 nur durch einen weniger starken Verknöcherungsgrad der Wirbelkörper zwischen dem 1. und 2. Halswirbel und durch verstärkte Randwucherungen im Bereich der verknöcherten kleinen Wirbelgelenke. Die Tatsache, daß auch dieses Präparat eine Bruchstelle aufweist, — in anderen Fällen wurden ähnliche Befunde beobachtet — läßt die Vermutung aufkommen, daß sich der Mensch gegen die zunehmende Verknöcherung seiner Wirbelsäule wenigstens eine Zeitlang erfolgreich wehrt und sich dadurch eine, wenn auch nur geringe, Beweglichkeit erhält.

Die Seitenröntgenaufnahme könnte infolge des Aufeinandersetzens der Bruchstücke eine Luxation bezw. Luxationsfraktur der Halswirbelsäule nach vorn vortäuschen. Die kleinen Gelenke sind infolge der festen Ankylose nicht erkennbar. Die Zwischenwirbelräume sind auf der Aufnahme von vorn nicht überall als gleichmäßig durchgängig zu sehen. Zwischen dem 3. und 4. Halswirbel scheint eine völlige Synostose zu bestehen. Erst die Seitenaufnahme stellt die Wirbel getrennt voneinander dar. Im Bereich der festesten Verknöcherungen findet man auch hier wieder die dichtesten Verschattungen.

Analog den beiden vorher beschriebenen ist das 4. Präparat. Es handelt sich dabei um eine Synostose des 6. und 7. Halswirbels. Die Verknöcherung zwischen sämtlichen Wirbelelementen ist soweit erfolgt, daß das Präparat auf den ersten Blick den Eindruck einer angeborenen Synostose macht. Ein Zwischenwirbelspalt ist nicht mehr erkennbar. Bei näherer Betrachtung jedoch zeigen die Wirbel überall gut ausgebildete Wirbelflächen, die, durch den Verknöcherungsprozeß zwar fest aneinandergesekelt, sich aber als früher selbständig normal gebildet erkennen lassen.

Beide Röntgenaufnahmen lassen die völlige Synostose sämtlicher Wirbelbestandteile erkennen. Nur bei der Seitenaufnahme ist zwischen beiden Wirbelkörpern eine Struktur erkennbar, die auf einen früheren Bestand der Bandscheibe schließen läßt. Infolge der starken Verknöcherung sind die Wirbelkörper nach ventral unten spitz ausgezogen. Die starken gefäßförmigen Schatten, besonders ausgeprägt auf der Seitenaufnahme in den Dornfortsätzen, sind als postmortale Kunstprodukte durch Injektion schattengebender Flüssigkeit in das Blutgefäßsystem der Leiche aufzufassen.

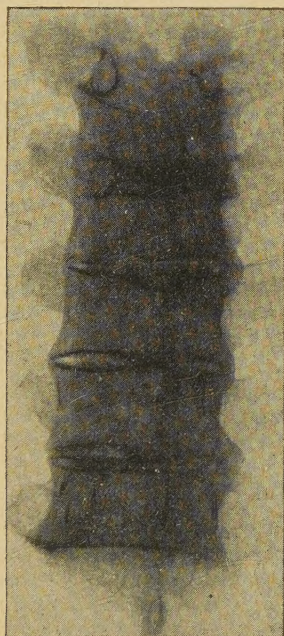
Bei den letzten drei Präparaten handelt es sich dem makroskopischen und röntgenologischen Befunde nach um erworbene Synostosen als Folge einer chronisch-ankylosierenden Wirbelentzündung im Sinne von Bechterew, Strümpell-Pierre-Marie.



Synostosierung zwischen 5 Wirbeln der unteren Brustregion. Ein wellenförmiges Knochenband verbindet die rechten Wirbelkörperseiten in einen unbeweglichen Block. Präparat 6.

Anders als die vorher beschriebenen Präparate verhält sich das 5. Hier handelt es sich um eine Verknöcherung zwischen dem 12. Brust- und 1. Lendenwirbel. Beide Wirbel sind fast kubisch und haben eine ihrer Stellung entsprechende Form und Höhe. Die rechten Wirbelkörperhälften sind durch eine 4 cm breite, 3 cm hohe und 0,5 cm dicke buckelige Knochenspange miteinander verbunden. Ein verschmälertes, 0,5 cm breiter Bandscheibenraum trennt die Wirbel voneinander. Die kleinen Wirbelgelenkspalten sind verschmälert, aber noch als frei

durchgängig erkennbar. An den oberen und unteren Begrenzungsflächen der Gelenkfortsätze beginnt die Bildung kleiner unregelmäßiger Knochenzacken. Trotz der Knochenbrücke ist zwischen den Wirbeln eine leicht federnde Beweglichkeit auslösbar.



R.-Aufnahme von vorn
von Präparat 6.

Auf der Röntgenaufnahme von vorn erkennt man die Verknöcherung als eine etwa 1 cm breite, 2 cm hohe und 0,5 cm dicke Brücke; auf der Seitenaufnahme stellt sie sich als eine etwa 0,5 cm dicke, vorspringende kompakte Spange dar. Obgleich am morphologischen Präparat die Wirbelkörper noch durch einen allerdings nicht gleichmäßig durchgängigen Zwischenwirbelraum getrennt sind, hat man auf der Seitenaufnahme, infolge der Projektionsrichtung, den Eindruck einer bereits vorhandenen Verknöcherung zwischen den Wirbelkörpern. Die Aufnahme von vorn dagegen zeigt — bis auf geringe Verschattungen im Zwischenwirbelraum — die normale Breite des Bandscheibenraumes. Die in den Wirbelkörpern und Dornfortsätzen vorhandenen dichten

Schatten sind gleichfalls als Kunstprodukt infolge Leicheninjektion aufzufassen.

Die folgenden Präparate 6, 7, 8 und 9 stellen analoge Synostosen dar wie Präparat 5. Sie unterscheiden sich voneinander durch Art, Stärke und Ausdehnung des Verknöcherungsprozesses. Bei Präparat 6 sind 5 Wirbel der unteren Brustregion durch ein nach oben an Höhe gleichmäßig zunehmendes, wellenförmiges Knochenband an den rechten Wirbelkörperseiten in einen starren knöchernen Block verwandelt. Die Wellenberge, die symmetrisch über den Zwischenwirbelspalten liegen, fallen nach beiden Seiten gegen die Wirbelkörpermitten hin ab und bilden hier die tiefsten Punkte der Wellentäler. Der Verknöcherungsprozeß greift teilweise auch auf die linken Wirbelkörperseiten über, am stärksten zwischen 3. und 4. Wirbel. Ueber die Wirbelkörpermitten läuft leicht nach links unten abweichend das verknöcherte Ligamentum longitudinale anterius. Die Zwischenwirbelräume sind bis auf einen ca. 1 mm breiten Spalt zusammengesunken. Frei durchgängig sind nur die Bandscheibenräume zwischen 1. und 2. und 2. und 3. Wirbelkörper. Zwischen 3. und 4. und 4. und 5. Wirbel hat bereits ein fortgeschrittener Verknöcherungsprozeß zwischen den Wirbelkörpern die Zwischenwirbelräume überbrückt. Die kleinen Wirbelgelenkspalten sind zwar sehr schmal, die Gelenkflächen aber noch voneinander getrennt. An den Gelenkfortsätzen haben sich bereits als Zeichen beginnender Synostosierung kleine Knochenzacken ausgebildet. Das Knochenband zwischen den Wirbeln fixiert den Wirbelsäulenabschnitt vollständig. Die einzelnen Wirbel sind als regelmäßig gebildet erkennbar, sie zeigen sonst keinen anormalen Befund.

Das Röntgenbild von vorn läßt das Knochenband als schmale Leiste erkennen, die alle Wirbel miteinander verbindet. Die Zwischenspalten sind unregelmäßig dargestellt und geben den Befund des morphologischen Präparates als Folge der Strahlenrichtung nicht wahrheitsgetreu wieder. Die Bandscheibenräume zwischen 1. und 2. und 2. und 3. Wirbelkörper, die im Präparat als frei durchgängig noch erkennbar sind, machen auf der Aufnahme den Eindruck, als seien sie mehr oder weniger mit Knochengewebe ausgefüllt. Die im 3. und 4. Bandscheibenraum deutlich erkennbare Verknöcherung entspricht den Verhältnissen am Präparat.

Dem makroskopischen Befund entspricht die Seitenaufnahme. Das Knochenband kommt wulstiger und breiter zur Darstellung. Als frei durchgängig ist der 1. und 2. Zwischenspalt zu erkennen. In den beiden folgenden Bandscheibenräumen ist der zwischen den Körpern vorhandene Verknöcherungsprozeß zur Darstellung gebracht. Auf beiden Aufnahmen sind Synostosierungen der kleinen Gelenke nicht vorhanden.

Präparat 7, das eine knöcherne Vereinigung von dem 10., 11. und 12. Brustwirbel mit dem 1. Lendenwirbel darstellt, unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch einen stärkeren und unregelmäßigeren Verknöcherungsgrad. Das die rechten Wirbelkörperseiten verbindende Knochenband überschreitet stellenweise, besonders stark zwischen 2. und 3. Wirbel, die Mittellinie und erfaßt die linken Wirbelkörperseiten mit.

Eine wellenförmige Linie ist auch hier in dem Knochenband erkennbar, jedoch sind Wellenberge und Täler ungleichmäßiger ausgebildet und teilweise zerklüftet. Ueber die Wirbelkörpermitten vom 10. und 11. Brustwirbel ziehen von links unten nach rechts oben zu dem zugehörigen Querfortsatz durch Gefäße oder Bänder hervorgerufene glatte Furchen. Am 10. Brustwirbel oben und 1. Lendenwirbel unten findet sich je eine schüsselförmige Randleiste, die darauf hindeutet, daß der Verknöcherungsprozeß die benachbarten Wirbel beiderseits noch mit-erfaßt hat. Die Bandscheibenräume sind alle als mehr oder weniger durchgängige Spalten erkennbar. Der breiteste Zwischenspalt findet sich zwischen 12. Brust- und 1. Lendenwirbel; der engste zwischen 11. und 12. Brustwirbel. Hier findet sich auch die ausgedehnteste Knochenneubildung. Die Wirbelform und -größe ist auch hier der Stellung entsprechend normal, die einzelnen Elemente als selbständig und regelmäßig gebildet erkennbar. Die kleinen Wirbelgelenkspalten sind verschmälert, die Gelenkflächen jedoch voneinander getrennt. In ihrer Umgebung haben sich auch hier kleine Knochenzacken gebildet. Durch das Knochenband ist der Wirbelsäulenabschnitt in einen starren unbeweglichen Block verwandelt.

Beide Röntgenaufnahmen geben die Verhältnisse des Präparates annähernd wieder. Die Seitenaufnahme kommt dem makroskopischen Befund am nächsten. Das zerklüftete Knochenband überbrückt als unregelmäßige Randleiste alle 4 Wirbel. Die Schattenbildung in den Zwischenspalten läßt die Ausdehnung und Breite der Knochenbrücke erkennen; sonst sind die Bandscheibenräume als verschieden breit und durchgängig zu erkennen. An den kleinen Wirbelgelenken ist ein Verknöcherungsprozeß nicht vorhanden. Auf der Aufnahme von vorn ist die Ausdehnung und Stärke des Knochenbandes wegen der Verschattung in den Zwischenspalten nicht so deutlich abgrenzbar. Deutlicher wird hier die schüsselförmige Randleiste an der linken Seite des 1. Lendenwirbels zur Darstellung gebracht. Die einzelnen Wirbel-elemente sind als normal gebildet erkennbar.

Präparat 8 zeigt eine von der letztbeschriebenen Verknöcherungsart abweichende Form. 4 Wirbel aus der oberen Brustregion sind miteinander verknöchert. Auffällig an diesem Wirbelblock ist eine leicht linkskonvexe, skoliotische Verbiegung, das Vorhandensein knöcherner Brücken auch an der linken Wirbelkörperseite, sowie die Loslösung des obersten Wirbels aus dem knöchernen Verbande. Das Knochenband, das die rechten Wirbelkörperseiten miteinander verbindet, ist fast gleichmäßig wellenförmig gebildet und überragt den oberen Wirbel mit einer schüsselförmigen Randleiste als Zeichen einer weiteren Ausbreitung der Verknöcherung nach oben. Durch die Höhen der Wellenberge ziehen nach oben hin deutlicher werdende Fugen, die erkennen lassen, daß die Synostosierung von unten nach oben fortgeschritten ist, und eine völlige Fixierung der Wirbel noch nicht erreicht war. So ist die Loslösung des obersten Wirbels aus dem knöchernen Verbande und die noch vorhandene Beweglichkeit zwischen den Wirbeln verständlich. Etwas ungleichmäßiger gebildet sind die Synostosen auf den linken Wirbelkörperseiten. Die Synostosierung beginnt erst am 2. Wirbel und

erfaßt die folgenden beiden. Eine über den Rand des 4. Wirbels ragende Randleiste deutet an, daß der Verknöcherungsprozeß an diesem Wirbel nicht beendet war. Hier haben sich nur ungleichmäßig starke Randzacken ausgebildet, die nicht ineinander überfließen. Die durch die Zacken ziehenden breiten Fugen beweisen, daß die Verknöcherung der beteiligten Wirbel noch weniger abgeschlossen war, als auf der anderen Seite. Die einzelnen Wirbel haben infolge der seitlichen Verbiegung eine leicht nach rechts ausgebildete Keilform erlangt. Die Wirbel sind sonst regelmäßig geformt, ihre einzelnen Elemente sind deutlich als normal erkennbar. Die Zwischenwirbelräume sind bis auf einen ca. 1 mm breiten Restspalt zusammengesunken, erweisen sich aber zwischen den einzelnen Wirbeln als frei durchgängig. Die kleinen Gelenkspalten sind vorhanden, zeigen aber auch hier in ihrer Umgebung arthritische Wucherungen. Die skoliotische Verbiegung des Wirbelsäulenabschnittes, die dem Befund nach primär entstanden ist, hat den rechtsseitigen Verknöcherungsprozeß begünstigt und zur Bildung der Synostosen auf der linken Wirbelkörperseite geführt; hierdurch ist ein weiteres Abbiegen der Wirbelsäule nach rechts verhindert worden.

Die Röntgenaufnahme von vorn könnte durch das leichte Abweichen des aufgesetzten obersten Wirbels eine Luxation nach der Seite vortäuschen. Die Ausdehnung des Verknöcherungsprozesses ist auf dieser Aufnahme nur wenig dargestellt. Nur an den nach ventral unten spitzausgezogenen Wirbelkörpern lassen sich leicht die Wirbel überbrückende Randzacken erkennen. Die Zwischenspalten sind als frei durchgängig erkennbar. Die Seitenaufnahme gibt die Verhältnisse am makroskopischen Präparat deutlicher wieder. Das Knochenband an der rechten Wirbelkörperseite ist als wellenförmiges, dicht verschattetes Knochenband gut dargestellt. Die Randzacken auf der linken Seite werden zum größten Teil von den rechtsseitigen überschattet, überragen aber diese ein wenig am vorletzten und letzten Wirbel. Die Zwischenspalten sind teilweise verschattet und hier als weniger durchgängig erkennbar. Die kleinen Gelenkspalte sind vorhanden.

Präparat 9, das eine Synostose zweier Lendenwirbel darstellt, zeichnet sich durch eine sehr wulstig kompakte, nach unten tropfenförmig verdickte Knochenbrücke aus, die die linken Wirbelkörperseiten unbeweglich miteinander verbindet. Mit dieser Knochenbrücke in Verbindung steht ein schüsselförmig ausgebuchteter Randwulst, der den unteren Wirbel überragt und den folgenden Wirbel mit in den Verknöcherungsprozeß einbezogen hat. Die beiden Wirbel trennt ein 1 cm breiter Bandscheibenraum, der ungleichmäßig hoch, aber überall durchgängig ist. Die kleinen Wirbelgelenkspalten sind stark verschmälert und werden von derben Knochenzacken überragt.

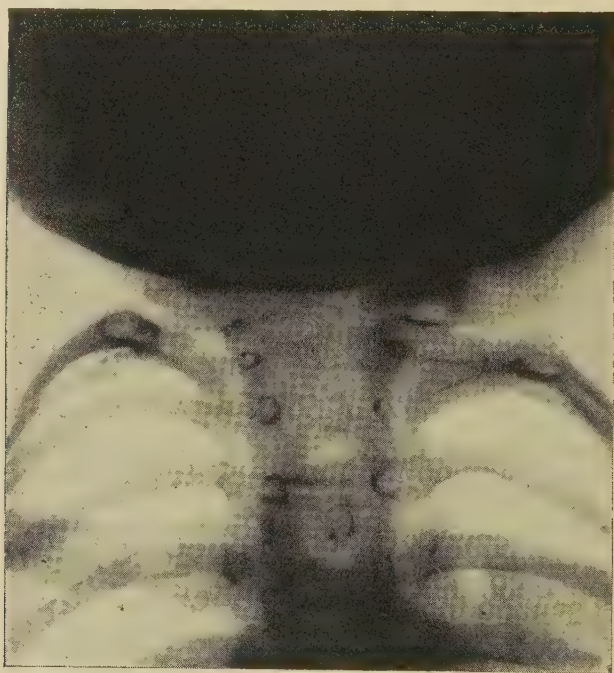
Keine der Röntgenaufnahmen läßt die im Präparat vorhandene Ausdehnung und Mächtigkeit der Synostose deutlich erkennen. Auf der Aufnahme von vorn sieht man einen über die Wirbelkörper vorspringenden, ungleichmäßigen Buckel, der den unteren Wirbel überragt. Ein etwas unregelmäßiger Schatten, der etwa bis zur Mittellinie beider

Wirbel reicht und den Zwischenspalt überbrückt, deutet auf die Breite der Knochenspange hin. Die Seitenaufnahme stellt die Wirbel nach dorsal keilförmig deformiert dar. Eine vorspringende Knochenleiste macht die Synostose, die nicht deutlich abgrenzbar ist, erkennbar. Der Bandscheibenraum, der auf der Aufnahme von vorn teilweise durch den Schatten der Knochenbrücke ausgefüllt ist, läßt sich auf der Seitenaufnahme als frei durchgängig erkennen. Die kleinen Gelenke sind ungleichmäßig und verwaschen dargestellt. Die in den Röntgenaufnahmen vorhandenen dichteren Schatten stimmen mit den Kalkablagerungen im morphologischen Präparat überein. —————

Bei den Präparaten 5 bis 9 handelt es sich dem makroskopischen wie röntgenologischen Befund nach um Verknöcherungen von Wirbeln in verschiedenen Stadien und Ausdehnungen bei entstellender Arthrosis deformans.

Das folgende Präparat, eine Synostose zweier Lendenwirbel, stellt ein Teilstück aus einer linkskonvexen Wirbelsäulenverbiegung dar. Die beiden Wirbel zeigen eine mit der Spitze nach rechts gerichtete Keilform mit ausgebuchteten Rändern. Die Kompakta an den Keilspitzen ist hart und dick, nimmt nach dem Kopfende mehr und mehr an Dicke ab und wird schließlich so dünn, daß sie die Spongiosa an die Oberfläche treten läßt. Auf der oberen Schlußplatte des 1. Wirbels, nach links dorsal gelagert, erkennt man einen etwa 10pfennigstückgroßen, unregelmäßig geformten Einbruch, der sich auch an gleicher Stelle auf der unteren Seite des gleichen Wirbels befindet. Diese Eindellungen in dem Wirbel könnten den von Schmorl beschriebenen Knorpelknötchen entsprechen. Die Synostose, die zur völligen Fixation der beiden Wirbel geführt hat, sitzt am rechten kleinen Wirbelgelenk. Hier hat sich eine etwa taubeneigroße, unregelmäßig geformte Knochengeschwulst gebildet, die zu dem unteren Proc. articularis eine etwa 1 cm breite kompakte Abstützleiste sendet. Der Zwischenwirbelraum, in dem die Bandscheibe völlig deformiert worden ist, ist nach links so stark keilförmig verändert, daß sich dort die benachbarten Wirbelflächen berühren und bereits eine leichte knöcherne Bindung eingegangen sind. Leichte Randzacken nach der Wirbelkörpermitte zu deuten auf eine beginnende knöcherne Ueberbrückung des Bandscheibenraumes hin. Die Wirbel sind sonst regelrecht gebildet, die einzelnen Elemente nicht fusioniert. Die starke Seitenverbiegung nach rechts hat die Wirbel in Subluxationsstellung zueinander gebracht. Durch die hierdurch bedingte Statik wird eine größere Belastung des rechten kleinen Wirbelgelenks hervorgerufen, die zur Zerstörung der Gelenkflächen geführt und die Ankylose bewirkt hat. Hierdurch wurde ein weiteres Abrutschen der Wirbelsäule verhindert und ihre Tragfähigkeit erhalten. Auf der Aufnahme von vorn ist die Keilform der Wirbel gut erkennbar. Die Ankylose ist als taubeneigroßer, dicht verschatteter Bezirk zwischen beiden Wirbelkörpern sichtbar, überschritten von den Schatten der Quer- und Dornfortsätze. Die Knochenstruktur ist teilweise großmaschig und aufgelockert. Der Bandscheibenraum ist als keilförmiger Spalt vorhanden.

Auf der Aufnahme von der Seite ist die Keilform der Wirbel nicht deutlich sichtbar, die Synostose doch gut zu erkennen; sie ist wulstig zwischen den Querfortsätzen dorsalwärts vorgebuchtet und läßt teilweise dichtere Schattierung erkennen. Der Bandscheibenraum stellt sich als gleichmäßig verschmälertes Spalt dar. Der beginnende Verknöcherungsprozeß zwischen den Wirbelkörpern ist nicht einwandfrei erkennbar.



Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule eines dreijährigen Mädchens. Angeborene Synostosen (Klippel-Feil).

Bei den Präparaten 5 bis 10 kann man trotz fehlender Anamnese mit Sicherheit sagen, daß es sich dem makroskopischen wie röntgenologischen Befunde nach, um erworbene Synostosen handelt. Die Verknöcherungsprozesse haben sich dabei an den am meisten beanspruchten Wirbelsäulenabschnitten, an der unteren Brust- und oberen Lendenwirbelsäule zum größten Teil abgespielt. Aetiologisch kann ihre Entstehung deshalb sicher auch mit der funktionellen Beanspruchung in

ursächlichen Zusammenhang gebracht werden. Die Stärke und Ausdehnung der Synostosen werden auf den Röntgenaufnahmen sowohl von vorn als auch von der Seite nur annähernd wiedergegeben.

Da sich in der klinischen Sammlung keine Präparate über angeborene Synostosen befinden, werden zum Vergleich einige klinische Röntgenbilder mit angeborenen Mißbildungen herangezogen.

Die erste Aufnahme gibt eine Mißbildung der Halswirbelsäule mit Synostosenbildung eines 3jährigen Kindes wieder. Die ganze Halsregion ist in einen auffällig kurzen und breiten knöchernen Block verwandelt. Vergleicht man die Röntgenbilder der vorher beschriebenen Synostosen mit diesem Röntgenbild, so kann man feststellen, daß die einzelnen Wirbel hier völlig fusioniert und in ihrem Wachstum stark zurückgeblieben sind. Es ist kein Wirbel als selbständiges Gebilde zu erkennen. Auch die einzelnen Wirbelelemente sind nicht als regelmäßig geformt und ausgebildet dargestellt. Die Zwischenwirbelspalten sind auch angedeutet nicht vorhanden. In der Höhe des 3. Rippenpaares ist der erste Zwischenwirbelspalt erkennbar. oberhalb und unterhalb dieses Bandscheibenraumes sind Wirbelspalten zu sehen. Anamnestisch ist bekannt, daß das Kind mit einem auffällig kurzen Hals geboren wurde. In diesem Falle handelt es sich um eine angeborene Mißbildung des an der Halswirbelsäule lokalisierten Klippel-Feil'schen Krankheitsbildes.

Das zweite Röntgenbild stellt eine völlig zerwürfelte Brustwirbelsäule eines 14jährigen Mädchens dar. Die einzelnen Wirbel sind von regelloser Form und Höhe, sind meistens asymmetrisch angelegt und in der Längsrichtung gegeneinander verschoben. Der zweite und dritte Brustwirbel ist in einen symmetrischen Block verwandelt. Dieser Block ist auf eine Höhe von etwa $1\frac{1}{2}$ Normalwirbel reduziert. Die Anlage einer Bandscheibe fehlt völlig. Am unteren Ende des Blockes ist der Schatten eines Dornfortsatzes erkennbar. Die Dornfortsatzreihe ist nur teilweise in der oberen Brustregion dargestellt. Die Wirbelform der folgenden Brustwirbel ist größtenteils keilförmig, die Wirbelkörper in der unteren Brustregion sind größtenteils gespalten. Die Bandscheiben zwischen den Wirbeln sind ebenfalls völlig regellos und ungleichmäßig angelegt. Ihre Höhe zwischen den einzelnen Wirbeln ist zumeist sehr stark herabgesetzt, so daß sie die Wirbel nur durch einen engen Spalt voneinander trennen. Auch die Wirbel-Rippengelenke sind asymmetrisch ausgebildet; die Rippen selbst teilweise fusioniert. Dieses Röntgenbild stellt eine angeborene Mißbildung der Wirbelsäule dar mit Ausbildung symmetrischer bzw. asymmetrischer Wirbelblocks, Halb- und Spaltwirbel.

Nicht immer sind die Befunde an den Wirbeln so eindeutig wie in den beschriebenen Fällen, sodaß es oft sehr schwer sein kann, angeborene von erworbenen Synostosen zu trennen. Dieses beweisen die in der Literatur häufiger diskutierten Fälle. Die Schwierigkeit einer sicheren Diagnose liegt darin begründet, daß Synostosen als Endzustand eines erworbenen pathologischen Prozesses oder als Folge einer angeborenen Mißbildung häufiger erst sehr spät erkannt oder erst zufällig entdeckt werden, sodaß sie röntgenologisch einander ganz ähnlich sind

und nicht mit Sicherheit aus dem klinischen Befund allein voneinander unterschieden werden können. Hier ist eine einwandfreie Anamnese zur Sicherung der Diagnose unbedingt mit ausschlaggebend.

Das dritte Röntgenbild stellt einen solch schwierigen Fall dar, der in der hiesigen Klinik beobachtet wurde. Es handelt sich dabei um die



Röntgenaufnahme der Lendenwirbelsäule
einer 32jährigen Schneiderin.
Angeborene Synostosen (Klippel-Feil?).

Wirbelsäule einer 32jährigen Schneiderin mit Synostosenbildung an der Lendenwirbelsäule, die von H. Walter beschrieben und trotz sehr später Beobachtung als angeboren gedeutet wurde.

Aus dieser Aufnahme ergibt sich folgender Befund: Der 11. Brustwirbel ist auf seiner Oberkante glatt, aber nur halb so hoch wie der 10. Von diesem ist er durch eine gezackte, unregelmäßige Bandscheibe ge-

trennt. Der folgende Wirbelabschnitt ist völlig unübersichtlich. Er verbreitert sich rautenförmig und läßt am unteren Ende vielleicht einen offenen Hiatus oder eine Spina bifida posterior erkennen. Ohne Zwischenbandscheibe vollzieht sich der Uebergang in das verkümmerte Kreuzbein, das zwischen den Darmbeinflügeln eingefügt ist. Eine Gliederung ist nicht zu erkennen. Die Höhe des stark zusammengesinterten Knochenabschnittes entspricht ungefähr der von zwei normal hohen Brustwirbeln. Sie enthält aber mindestens die gesamte Lendenwirbelsäule und evtl. noch den 12. Brustwirbel.

Anamnestisch sind folgende Daten für die Diagnose von Wichtigkeit. Keinerlei erbliche und angeborene Fehler in der Familie bekannt. Normale Schwangerschaft und Geburt. Als Kind schwächlich, mit $2\frac{1}{2}$ Jahren laufen gelernt. Bei der Geburt wurde eine Vorwölbung an der Lendenwirbelsäule bemerkt. Mit 6 Jahren begann eine Verkrümmung der Wirbelsäule; gleichzeitig damit setzte eine beginnende Verkrüppelung des Fußes ein. Eine Behandlung wurde nicht eingeleitet. Der Zustand verschlechterte sich zusehends von Jahr zu Jahr. Die Aufnahme in die Klinik erfolgte, weil sich inzwischen eine hochgradige Deformität des linken Fußes mit Kältegefühl und Geschwürbildung eingestellt hatte.

Klinischer Befund: Es handelt sich um eine Verbildung der Wirbelsäule hauptsächlich im Lendenabschnitt, die mit einer Myelo-dysplasie, Fehlen der Reflexe des linken Beines, trophischen Störungen an beiden Unterschenkeln, Deformität des linken Fußes und endständigem Nystagmus der Augen verbunden ist. An der Lendenwirbelsäule findet sich in der Nähe der Mittellinie eine Narbe. Ueber die Entstehung einer Wirbelsäulenerkrankung ist nichts bekannt. Die anamnestisch angegebene Vorwölbung, die noch vorhandene Narbenbildung in der Mittellinie der Lendenwirbelsäule, die auf eine Myelocoele hindeuten, die langsam zunehmende Verbiegung der Wirbelsäule, ohne Hinweis auf eine Wirbelsäulenerkrankung, der für eine angeborene Mißbildung charakteristische Röntgenbefund und die Myelodysplasie weisen mit Sicherheit auf ein angeborenes Leiden hin.

Die Frage nach der Ursache der Synostosenbildungen an der Wirbelsäule hat infolge systematischer Arbeiten der Röntgenologen und Pathologen in den letzten Jahren eine weitgehende Aufklärung gefunden. Nach dem heutigen Stand der Dinge kann man bei den angeborenen Synostosen zwei verschiedene Arten unterscheiden, die primäre und die sekundär angeborene. Als primär angeboren bezeichnet man die Synostosen, die bereits bei der Geburt ausgebildet sind. Sekundär angeboren sind die Synostosen, die erst im Laufe der Zeit entstehen als Folge fehlerhafter Anlage im Wirbelsystem oder anderer Fehlbildungen, die das Wachstum der Wirbelsäule beeinflussen können.

Zur ersten Kategorie gehört das Krankheitsbild des Klippel-Feil, das charakterisiert ist durch die Verknöcherung von Wirbeln zu einem im Wachstum schwer geschädigten Block. Die Annahme, daß sich diese Mißbildung als einheitliches Krankheitsbild nur an der Halswirbelsäule lokalisiere, scheint durch die Beobachtungen anderer Autoren widerlegt

zu sein. In letzter Zeit wurden nämlich dem Klippel-Feil vollkommen analoge Bilder an anderen Wirbelregionen beobachtet. So beschrieb H. Walter den bereits erwähnten Fall. Heise beschrieb einen ähnlichen, an der Lendenwirbelsäule lokalisierten Fall. Partsch einen solchen an der Brustwirbelsäule. Drehmann berichtet von einem Fall, wo die ganze Wirbelsäule in einen im Wachstum schwer geschädigten Stab verwandelt ist. Alle Autoren weisen dabei auf die große Ähnlichkeit mit dem Klippel-Feilschen Krankheitsbilde hin. Diese Beobachtungen liegen ja auch im Sinne der Theorien von Putti und Rosenberg. An der Halswirbelsäule kann man die Mißbildung leicht erkennen, da man infolge der Längenwachstumsstörung der Wirbel gleich bei der Geburt den Eindruck hat, als säße der Kopf dem Hals direkt auf. Daß sich Mißbildungen häufiger an der Halswirbelsäule lokalisieren, erklärt sich aus der komplizierten Entwicklung dieses Wirbelsäulenabschnittes, der sich nach Rosenbergs „phylogenetischer Umformung“ über eine kurze Strecke hin nach zwei Seiten anzupassen hat.

Die Auffassung über die Entstehung dieser Mißbildungen an der Wirbelsäule ist bisher noch nicht einheitlich.

Die Feil'sche Theorie über das Zustandekommen der Mißbildung durch Verlust der normalen Widerstandskraft infolge einer primären Spina bifida cervicalis, die durch Trauma, amniotische Schnürungen und vermehrten Druck ein Zusammensinken der Halswirbelsäule hervorrufen soll, läßt sich durch die gemachten Beobachtungen nicht mehr stützen. Wohl findet man beim Klippel-Feil die verschiedensten Mißbildungen wie Spina bifida, Halsrippen, Schiefhals, Schiefkopf und Schulterblatthochstand — Kallius bezeichnet deshalb den Klippel-Feil als ein Syndrom — doch ist eine Spina bifida nicht in jedem Fall vorhanden, wie es für die Feil'sche Theorie Voraussetzung wäre.

Sternberg glaubt, daß solche Fehlbildungen mit größter Wahrscheinlichkeit in Keime selbst begründet liegen.

H. Walter führt die Verschmelzung mehrerer Wirbelkörper zu einem im Wachstum sehr geschädigten Stab auf eine Aplasie der Zwischenwirbelscheiben zurück. Die Verknöcherung schreitet dabei ungehindert über Segmente hinweg und bringt mehrere Wirbel zur Verschmelzung. Die Zahl der Wirbel ist ursprünglich normal angelegt. Durch das Fehlen der Differenzierung der Bandscheiben kommt es zur Verschmelzung der Wirbel, wie es physiologisch auch bei der Entwicklung des Kreuz- und Steißbeines ist. Da ein Ausfall der zugehörigen nervösen Segmente mit der Mißbildung nicht parallel geht — sie müssen also primär angelegt sein — und diese in ihrer Weiterentwicklung nicht gehemmt sind, wird daraus geschlossen, daß sich der Prozeß nur auf die knöcherne Wirbelsäule erstreckt. W. Müller betont, daß der Klippel-Feil anatomisch sowie ätiologisch kein einheitliches Krankheitsbild darstellt, sondern eine Summe der verschiedensten Mißbildungen umschließt. Charakteristisch ist die Verschmelzung von Wirbel und Wirbelanlagen zu einem ungegliederten, im Wachstum schwer geschädigten Stab.

Von anderen Autoren werden als Ursache für die Entstehung der Mißbildung mechanische intrauterine Momente mehr in den Vordergrund gestellt.

Die meisten Untersucher nehmen jedoch heute an, daß lokale Schädigungen nicht die Ursache der Fehlbildungen sind, sondern wie es bereits Böhm erklärte: „Teilerscheinungen eines Phänomens, das mehr oder weniger das ganze Rumpfskelett in seinen einzelnen Segmenten betrifft“. Der Beginn der Mißbildungen wird von allen Autoren in ein sehr frühes Embryonal-Stadium verlegt.

Zu den angeborenen Synostosen, die sekundär als Folge von Fehlbildungen früher oder später entstehen, gehören die verschiedenen Formen der Wirbelblocks, die häufig beobachtet und beschrieben werden. Diese Mißbildungen an der Wirbelsäule führt W. Müller auf eine Störung des Segmentierungsprozesses zurück, der sich in der blastematösen Entwicklungsperiode abspielt.

Die primitiven Wirbelanlagen sind in diesem Stadium auf jeder Seite paarig angelegt. Durch Vereinigung der Proc. chordales von jeder der beiden Anlagen in der Mitte um die Chorda dorsalis herum kommt es zur Bildung der Wirbelkörperanlage. In jedem Segment geht dieser Prozeß getrennt vor sich. Die differenzierten Gewebsbezirke liegen normalerweise einander genau gegenüber. Der Segmentierungsprozeß kann nun sowohl in Bezug auf die Zahl in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten, als auch auf den einzelnen Körperhälften ganz verschieden verlaufen. Den halbseitigen Wirbelkörperanlagen wohnt außerdem — das hebt auch Putti in seiner Darstellung über Wirbelmißbildungen hervor — eine weitgehende Selbständigkeit inne. Die verschiedenen Ausbildungsformen der asymmetrischen Wirbelblockbildungen werden erklärt durch zahlenmäßig ungleiche Segmentanlage auf den beiden Körperhälften, oder durch Querverschiebungen der auf beiden Seiten übereinstimmenden Segmente in der Längsrichtung. Gleichzeitig mit dieser Theorie werden auch andere pathologische Formen, wie Uebergangswirbel, Sakralisation, Lumbalisation und überzählige Halbwirbel erklärt. Diese Fehlbildungen sind an kein einheitliches Schema gebunden; deshalb ist die Variationsmöglichkeit der Blockwirbelbildung überaus groß.

Puttis Auffassung über die Bildung der Wirbelblocks ist folgende: „Zwei Sklerotomen entspricht bei allen Amnioten ein Wirbel. Dieser Wirbel tritt mit der kaudalen Hälfte des einen und der ventralen des anderen in Verbindung. Die Teilung der Sklerotome in zwei gleiche Teile durch einen intervertebralen Raum erklärt das Auftreten doppelter Bildungen an der Wirbelsäule der Amnioten. Bei den Amnioten erfolgt die Verschmelzung der zwei Hälften eines Sklerotoms, welche der Verschmelzung zweier Wirbel entspricht, in den frühesten Perioden der embryonalen Entwicklung vor der Verknorpelung und Ossifikation. Kommt diese Verschmelzung nicht zustande, so entstehen für jedes Segment Doppelwirbel.“

Die Ausbildung von Synostosen aus diesen verschiedenen Formen der Wirbelblocks ist abhängig von der keimbedingten Intensität des Knochenwachstums, vom Anlagezustand der Bandscheiben, von der durch die

Fehlbildungen hervorgerufenen Ossifikationsanomalie und nicht zuletzt von der statischen Belastung der Wirbelsäule. Die gleichzeitig damit verbundene Störung im Längenwachstum bei den asymmetrischen Wirbelblocks erklärt W. Müller so: „Wenn bei der Verschmelzung der halbseitigen Wirbelanlage die Wirbelhälften mit der ungleichen Anzahl von Wirbelhälften der andern Seite in Verbindung getreten sind, und mit dem Erscheinen der knöchernen Anlage auch die knöcherne Verschmelzung vor sich gegangen ist, so werden sie infolge der knöchernen Verbindung der Anlagen der einen und auch der anderen Seite wie durch eine Verklammerung festgehalten und am Auseinanderweichen gehindert. Wenn nun an der Knochenknorpelgrenze das Längenwachstum erfolgt, so wird die Längsstreckung allmählich mehr und mehr aufgehoben, sie wird durch die Verklammerung gehemmt, verlangsamt und nach völligem Aufbrauch des ursprünglich von der Zwischenwirbelscheibe eingenommenen Raumes ganz systiert.

Ein nach neueren Untersuchungen scharf umrissenes Krankheitsbild stellt der angeborene Gibbus dar, bei dem häufiger die Ausbildung von Wirbelsynostosen beschrieben wurde. Für die Mißbildung charakteristisch ist die Lokalisation im Bereich der unteren Brust- bzw. der oberen Lendenwirbelsäule, Keilform der betroffenen Wirbelkörper, Gibbusbildung und Spaltung von Wirbelkörpern in der Medianlinie. Die Ausbildung der Synostosen ist hier nach Ansicht der Untersucher nicht primär, sondern sekundär als Folge der Abknickung entstanden. Ueber das Zustandekommen dieser Mißbildung besteht bisher noch keine volle Klarheit. Lebedeffs ist der Ansicht, daß durch Pendeln des Keimes an zu kurzer Nabelschnur eine dem Nabel gegenüberliegende Knickung der primären Wirbel zustande käme. Auch von andern Forschern wurden die Momente einer Abknickung bzw. Faltung der primären Wirbelanlage betont.

Synostosen an der Wirbelsäule als Folge von einfachen angeborenen Schafwirbeln, Hüftluxation, Beckenschiefstand sind in der Literatur beschrieben worden. Hierbei kann es infolge anormaler Belastung, gleichzeitig verbunden mit einem pathologischen Zustand des Knochens bzw. Bandscheibensystems, zu hochgradigen Verbiegungen an der Wirbelsäule kommen, die durch Druckwirkung zur Vernichtung der Bandscheiben und zur Ausbildung von Synostosen führen können. Synostosierungen von Wirbeln hat man öfter bei den sogenannten angeborenen Skoliosen gefunden, die man, weil man keinen anderen Grund kennt, auf intrauterine Zwangslagen zurückführen will.

Als sekundär angeborene Synostosen sind auch die im Verlauf der Kyphosis adolescentium beobachteten zu betrachten. Allerdings ist die Auffassung über die Entstehung dieser Wirbelsäulenerkrankung noch nicht einheitlich. Die von Schmorl und W. Müller geführten Untersuchungen deuten auf eine angeborene Anomalie der Bandscheiben hin, durch deren frühzeitige Vernichtung es zur Abbiegung der Wirbelsäule kommt. Auch das von einem der Autoren beobachtete familiäre Vorkommen deutet auf einen kongenitalen Zustand hin. Von anderen Untersuchern werden innersekretorische Momente stärker betont, da die Erkran-

kung häufig zur Zeit der Pubertät auftritt. Bevorzugt wird dabei das männliche Geschlecht unter der landwirtschaftlichen Bevölkerung. ein Beweis, daß auch die Belastung keine geringe Rolle beim Zustandekommen der Verkrümmung spielt. Charakteristisch für die Kyphose ist.



Röntgenaufnahme einer juvenilen Kyphose mit Synostosenbildung der vorderen Wirbel-
ecken. Aus W. Müller Path. Phys. der
Wirbelsäule.

daß ihr Scheitelpunkt meistens zwischen 7. bis 10. Brustwirbel liegt. Im Röntgenbild erkennt man als Zeichen der Bandscheibendegeneration das multiple Auftreten von Schmorl'schen Knorpelknötchen. Im Bereich der Knorpelknötchen ist die Knochenschlußplatte nicht zu erkennen und

daher auch die ursprüngliche Begrenzung des Wirbelkörpers nicht. In anderen Fällen ist die Knochenbandscheibengrenze wellig und zackig verändert. Die Größe der Kyphosierung der Wirbelsäule und damit gleichzeitig die Ausbildung von Synostosen unter den Wirbeln steht im engsten Zusammenhang mit dem jeweiligen Zustand der Bandscheiben und der Art und Richtung der Belastung.

Bei der Spondylolysthesis kann es infolge des Abgleitens der Wirbel zu größeren Verbiegungen an der Wirbelsäule kommen, in deren Verlauf sich Synostosen bilden können. Die Entstehung dieses Wirbelgleitens ist teils auf angeborene Mißbildungen von Wirbelteilen, teils auf erworbene Wirbelerkrankungen zurückzuführen.

Auch bei den chronischen Wirbelsäulenversteifungen, die noch später näher besprochen werden, werden kongenitale Momente neuerdings stärker betont. Die letzte Ursache dieser Erkrankung ist jedoch noch nicht voll geklärt.

Viel häufiger als die angeborenen werden die erworbenen Synostosen an der Wirbelsäule beobachtet. Der Verknöcherungsprozeß kann dabei auf einzelne Wirbelelemente beschränkt bleiben oder aber alle Wirbelbestandteile miteinbeziehen. Die Ausdehnung der Synostosierung kann sich dabei auf mehr oder weniger große Bezirke erstrecken, ja selbst die gesamte Wirbelsäule in einen knöchernen unbeweglichen Stab verwandeln.

Als Entstehungsursache für erworbene Synostosen kommen zunächst die Erkrankungen in Frage, die auf Grund von Stoffwechselstörungen das Knorpelsystem des Körpers befallen können. Hierhin gehören Rachitis, Osteomalacie, die Osteoporose, Ostitis deformans und Ostitis fibrosa. Auch bei Akromegalie werden starke Verbiegungen der Wirbelsäule mit Synostosierungen von Wirbelkörpern beobachtet.

Bei der Rachitis kommt es zur Störung der enchondralen Ossifikation, zur Einschmelzung des alten Knorpels, Vergrößerung der Knorpelwucherszonen und zu mangelhafter Verkalkung durch zu geringe Einschmelzung des Knorpels. Das ganze Knorpelsystem wird weich und ist seiner Beanspruchung nicht mehr gewachsen. Je nach dem Grad der Erkrankung und der Größe der statischen Beanspruchung kann es zu erheblichen Verbiegungen am ganzen Skelett kommen. An der Wirbelsäule stellen sich öfter — wenn nicht frühzeitig gegen die Erkrankung eingeschritten wird — sehr hochgradige Verbiegungen ein, wie sie Präparat 1 zeigt. Durch Druckwirkung kommt es innerhalb dieser Verkrümmung zur Zerstörung von Bandscheiben, zur Torsion der gesamten Wirbelsäule und zu Verknöcherungen von Wirbeln, die der stärksten Beanspruchung ausgesetzt sind. Diese Synostosierungen sind als Selbstkorrektur des Körpers zur Erhaltung des statischen Gleichgewichtes zu betrachten. Nicht nur die Bandscheiben werden innerhalb dieser Verbiegungen mehr oder weniger vernichtet, sondern auch die verknöcherten Wirbelelemente zeigen hochgradige Veränderungen. Die Wirbelkörper werden keilförmig zusammengedrückt, am stärksten dort, wo auch die Belastung die größte ist. Die kleinen Gelenke und Fortsätze werden infolge enormer Druckwirkung des öfteren ebenfalls in den Verknöcherungsprozeß mit einbezogen. Die Knochenstruktur ist dabei an den Stellen des stärksten Druckes kompakt-

sklerotisch, während sie an den entlasteten Stellen aufgelockert und großmaschig ist.

Bei der Osteomalacie kann die starke Knochenerweichung als Folge hormonaler Störung während des Puerperiums zu ebenfalls hochgradigen Verbiegungen an der Wirbelsäule führen. Wie bei der Rachitis ist die Ausbildung von Synostosen auch hier abhängig von dem Grad der Erkrankung und der Größe der Belastung. Durch Druckwirkung kommt es ebenfalls zu Zerstörung von Bandscheiben und zur Ausbildung von Wirbelsynostosen, an denen sich wiederum sämtliche Wirbelbestandteile beteiligen können. Im Endzustand sind die auf rachitischer Grundlage entstandenen Synostosen von den osteomalacischen meistens nur anamnestisch zu unterscheiden.

Synostosen zwischen Wirbeln kann man häufiger beobachten bei Osteoporosen, die physiologisch als Alterserscheinung, pathologisch nach größeren Hungerperioden sind. Die Altersosteoporose ist durch verringerten Knochenanbau und vermehrten Knochenabbau charakterisiert. Es kommt infolgedessen zu einer Rarefizierung der Knochensubstanz. Die Folge davon ist eine Schädigung der Widerstandskraft des Knochensystems. Infolge Belastung kommt es je nach dem Zustand des Bandscheibensystems zu mehr oder weniger starker Kyphosierung der Wirbelsäule. Bei gleichzeitig schwerer Bandscheibendegeneration können die Abbiegungen an der Wirbelsäule sehr starke Grade annehmen, so daß es durch Druckwirkung zu Synostosierung größerer Bezirke an der Wirbelsäule kommen kann.

Bei der Hungerosteoporose, die häufiger während der Kriegszeit beobachtet wurde, kommt es infolge vermehrten Knochenabbaues ebenfalls zu einer Rarefizierung des Knochens, der dadurch seiner funktionellen Beanspruchung nicht mehr gewachsen ist. Durch die Belastung kommt es zu Verbiegungen an der Wirbelsäule und durch Druckwirkung zur Zerstörung von Bandscheiben, als deren Folge es zu Verknöcherung von Wirbeln kommt.

Ostitis deformans und Ostitis fibrosa haben besonders im Alter gelegentlich ihren Sitz in der Wirbelsäule, wo sie bei schwerem und generalisiertem Verlauf zu Brüchigkeit und Vernichtung der Knochensubstanz führen können, durch die die Tragfähigkeit erheblich herabgesetzt wird. Durch Zusammenbruch der Wirbel kann es gelegentlich zu Synostosenbildung unter den Wirbeln kommen.

Die nächste Krankheitsgruppe, als deren Folge Synostosen an der Wirbelsäule entstehen können, ist ein Teil der Infektionskrankheiten. Als schwerste und weitaus häufigste Infektionskrankheit, die sich an der Wirbelsäule lokalisiert, kommt die Spondylitis tuberculosa in Frage. Als Metastase eines tuberkulösen Herdes bevorzugt sie besonders jugendliche gefäßreiche Knochen; im Alter tritt sie meistens in harmloserer Form auf. Wirbel, die funktionell am meisten beansprucht werden, sollen am häufigsten von der Infektion betroffen werden. So beobachtet man ihren Sitz zunächst am meisten in der unteren Brust- und oberen Lendenwirbelsäule, es folgen die untere Lenden-, untere Hals- und obere Brustregion der Wirbelsäule. Am seltensten befallen wird die mittlere Halswirbel-

säule. Durch Destruktion, Einschmelzung der Knochensubstanz und Vernichtung der Bandscheiben kommt es durch Belastung zum Zusammenintern der befallenen Partien; häufig tritt erst dadurch die Erkrankung zutage. Die Wirbelsäule wird dabei oft nach hinten abgeknickt. Es kommt zur Ausbildung der Pott'schen Kyphose. Bei Sitz der Tuberkulose in den seitlichen Partien der Wirbelkörper kann es auch zu einer skoliotischen Verbiegung der Wirbelsäule kommen, jedoch fehlt dieser die Torsion. Innerhalb dieser oft sehr hochgradigen Verbiegungen werden ausgedehnte Verknöcherungen von Wirbeln beobachtet. Alle Wirbel-elemente können sich dabei an der Synostosierung beteiligen. Der Verknöcherungsgrad der Wirbel untereinander kann so stark sein, daß die Zahl der zusammengebrochenen Wirbel nur an der Zahl der Dornfortsätze erkennbar ist. Der röntgenologische Befund zeigt außer diesen starken Deformitäten an der Wirbelsäule zahlreiche Osteophytenbildung und eine Porosität der Knochensubstanz. Von anderen Infektionskrankheiten, die weitaus seltener an der Wirbelsäule zur Beobachtung kommen, können zu Synostosen führen Osteomyelitis, Syphilis, Typhus und Aktinomykose.

Die Osteomyelitis, die vorzugsweise das zweite und dritte Lebensjahrzehnt befällt, lokalisiert sich, wenn an der Wirbelsäule, am häufigsten in der Lendenregion, am seltensten in den Halswirbeln. Der Prozeß selbst spielt sich meistens in den Bögen und Fortsätzen ab, selten in den Körpern. Für die Ausbildung von Synostosen ist der Grad der Erkrankung maßgebend.

Die Syphilis kann im Tertiärstadium die Spondylitis gummosa erzeugen, die die Halswirbelsäule als Sitz bevorzugt. Durch Zerstörung der Knochensubstanz kann es zum Zusammenbruch der betroffenen Wirbel kommen und zur Ausbildung eines Gibbus. Dieser Gibbus hat große Ähnlichkeit mit dem von der Tuberkulose erzeugten. Innerhalb dieser Abbiegungen kann es zur Bildung von Synostosen unter den Wirbeln kommen. Man findet bei der Spondylitis gummosa reichliche Knochenneubildung, die zur Sklerosierung neigt.

Die aktinomykotischen Veränderungen an der Wirbelsäule sind äußerst selten. Nur in sehr weit vorgeschrittenen Stadien kann es zur Vernichtung der Knochensubstanz kommen, die ein Zusammenbrechen der betroffenen Wirbel herbeiführen kann, wodurch auch hier synostotische Wirbel entstehen können.

Zu sehr ausgedehnter Verknöcherung an der Wirbelsäule kommt es im Verlauf der chronischen Wirbelsäulenversteifungen, wie sie von Bechterew, Strümpell und Pierre-Marie zuerst beschrieben worden sind. Da man heute allen diesen Erkrankungen die gleiche Aetiologie zuschreibt, hat man sie unter dem Namen der Spondylarthritis ankylopoetica zusammengefaßt.

Die Ansichten über die Entstehungsursache sind geteilt. Viele Untersucher betonen wegen des familiären Auftretens eine vererbte Komponente, andere eine erworbene. Als Auslösfaktoren kommen alle Infektionskrankheiten, Traumen und Stoffwechselerkrankungen in Frage. Nach statistischen Feststellungen spielen dabei die rheumatischen Infek-

tionen die Hauptrolle; aber auch im Verlauf von Typhus, Ruhr, Malaria, Diphtherie, Masern, Lues und Gonorrhoe sind Ankylosierungen der Wirbelsäule beobachtet und beschrieben worden.

An der Verknöcherung können sich je nach Art und Grad der Erkrankung die kleinen Gelenke, die Bögen, die Bänder und Körper beteiligen. Oft findet man im Verlauf der Erkrankung gleichzeitig die großen Gelenke des Körpers mitverknöchert. Skoliotische, kyphotische Verbiegungen sowie Knochenwucherungen sind als Sekundärererscheinungen beschrieben worden. Die Erkrankung tritt bis zum 30. Lebensjahr am häufigsten auf, nach dem 50. seltener. Die Ankylosierung der Wirbelsäule kann in verschiedenen Formen auftreten. Es gibt einen Typ mit vorherrschender Versteifung der kleinen Gelenke. Diese sind mehr oder weniger in einen knöchernen Stab verwandelt. Körper und Bandscheiben findet man dabei häufig mehr oder weniger normal.

Einen anderen Typ der Synostosierung erhält man bei Beteiligung des bindegewebigen Apparates. Hierbei kann es leicht zu Verwechslungen mit der Spondylitis deformans kommen: jedoch ist bei der Spondylarthritis ankylopoetica der Verknöcherungsprozeß scharf abgegrenzt. Die kleinen Gelenke findet man bei dieser Form häufiger völlig frei.

Beide Krankheitsformen können auch miteinander vermischt in verschiedenen Graden vorkommen. Es kann sogar zu einer völligen Ankylose sämtlicher zur Wirbelsäule gehörenden Bestandteile kommen, so daß diese in einen festen unbeweglichen Stab verwandelt wird.

Von den meisten Untersuchern heute wieder streng getrennt wird von der Spondylarthritis ankylopoetica die Spondylitis deformans. Diese Erkrankung führt ebenfalls zu oft hochgradigen Synostosierungen an der Wirbelsäule. Nach den neueren Vorstellungen ist sie eine Alters- und Aufbrauchskrankheit infolge Ueberbeanspruchung der Wirbelsäule und gleicht in ihrer Art der Arthritis deformans. Auf die genetischen Ähnlichkeiten dieser beiden Krankheitsbilder hat von Bardeleben zuerst hingewiesen.

Charakteristisch für die Erkrankung ist die Ausbildung von Randwülsten, deren Ursache auf degenerative Verbildungen der Zwischenbandscheiben zurückgeführt wird. Durch diese Veränderungen an den Zwischenwirbelscheiben erhält die Wirbelsäule eine ungewöhnliche Beweglichkeit, und dadurch werden grobe Zerrungen am Lig. long. ant. hervorgerufen, die durch Reiz auf das Periost zu dieser Randzackenbildung Anlaß geben.

Nach eingehenden Untersuchungen von H. Junghanns entspringt nämlich die Randwulstbildung an der Stelle der Wirbelkörperaußenfläche, an der sich in der Jugend der eigentliche Wirbelkörper mit der knöchernen Wirbelkörperandleiste vereinigt, also etwas unterhalb des obersten Randes des ausgewachsenen Wirbelkörpers, wo sich auch das Längsband vom Wirbelkörper abhebt. Dieses überspringt dann die Wirbelkörperandleiste, die Bandscheibe, die Randleiste des nächsten Wirbelkörpers und legt sich dann wieder der Wirbelkörperaußenfläche an.

Diese Beobachtungen werden auch an den vorher beschriebenen Präparaten, soweit noch ein Beginn der Randzackenbildung erkennbar ist, bestätigt.

Die vom Periost ausgehenden Knochenneubildungen erfolgen nach rein funktionellen Gesichtspunkten. Die Bildung der Randzacken wird ebenso wie der Umbau in den Wirbelkörpern durch die Funktion gesteuert. Diese beiden Erscheinungen sind, einmal in Gang gebracht von dem ursprünglich auslösenden Faktor, der Bandscheibendegeneration, völlig unabhängig.

Auf Grund dieser Ansicht läßt sich auch zwanglos die Tatsache erklären, daß Schwerarbeiter von der Spondylitis deformans besonders stark befallen sind, weil bei ihnen eine hochgradige Inanspruchnahme der Wirbelsäule und daraus starke Zerrungen am Bandsystem sich ableiten lassen. Gleichzeitig damit in Zusammenhang gebracht wird auch das stärkere Befallensein der rechten Wirbelkörperseiten gegenüber den linken, weil bei Rechtshändigkeit die Belastung mehr auf die rechte Seite verlagert wird. Bei Linkshändern findet man eine stärkere Randzackenbildung auf den linken Wirbelkörperseiten.

Im Wirbelkanal selbst können keine Randzacken entstehen, da das hintere Längsband einen anderen Verlauf hat. Knöcherne Vorsprünge, die hier gefunden werden, werden als verkalktes Bandscheibengewebe betrachtet.

Auch von Junghanns wird eine scharfe Grenze, wenigstens im Endzustand, zwischen Arthrosis deformans und Spondylarthritis ankylopoetica gezogen. Junghanns weist darauf hin, daß völlige Verknöcherungen der kleinen Wirbelgelenke und glatte Verknöcherung des vorderen Längsbandes ohne Randwulst- und Randzackenbildung für die Spondylarthritis ankylopoetica charakteristisch sind.

Im Gegensatz zu dieser streng trennenden Auffassung ist Uebermuth der Ansicht, daß, trotz der Fülle der Krankheitsbilder, es sich im Grunde um die gleichen Vorgänge, sowohl bei der Spondylitis deformans wie bei der ankylosierenden Spondylitis handelt, bei der nur die krankhaften Aeüßerungen nach Quantität und Intensität gesteigert sind.

Gleichartige Synostosierungen, wie bei der Spondylitis deformans werden allerdings nur selten bei den tabischen Osteoarthropathien beobachtet. Die Verknöcherungsformen sind hier bis ins Groteske gesteigert. Der Krankheitsverlauf ist schmerzlos, der Sitz der Erkrankung lokalisiert sich mit Vorliebe an der unteren Brust- und oberen Lendenwirbelsäule; hierin unterscheidet sich die tabische Osteoarthropathie von der Spondylitis gummosa. Nach Untersuchungen sollen die Bandscheiben auch hier zuerst befallen werden. Durch Zerrungen am Periost kommt es zu Wucherungen an den Wirbelkörpern ähnlich wie bei der Spondylitis deformans. Gestaltsveränderungen der Wirbel, Abknickungen der Wirbelsäule und Zusammenbrüche wie bei der Spondylitis tuberculosa sind häufiger beobachtet und beschrieben worden. Lyon faßt dieses Krankheitsbild als eine verschlimmerte Arthritis deformans infolge Tabes auf.

Frakturen an der Wirbelsäule in ihren verschiedenen Formen führen ebenfalls häufig zu synostotischen Vereinigungen unter den Wirbeln und

stellen so die statischen Verhältnisse wieder her. Art und Größe des Traumas sind auch für die Stärke und Ausdehnung der Verknöcherungsvorgänge unter den Wirbeln verantwortlich.

Im Anschluß an Traumen der Wirbelsäule kommt es häufiger zur Ausbildung der sogenannten K ü m m e l ' s c h e n Kyphose, als deren Folge Synostosenbildungen an der Wirbelsäule entstehen können. Die K ü m m e l ' s c h e Auffassung als eine Erkrankung sui generis ist nach den neueren Untersuchungen nicht mehr aufrecht zu erhalten. Ueber das Zustandekommen dieser Erkrankung ist häufig diskutiert worden. Heute wird nach den Untersuchungen von S c h m o r l allgemein angenommen, daß bei der Entstehung des Krankheitsbildes ein Wirbelbruch immer Voraussetzung ist. Mangelhafte Kallusbildung und das Eintreten der Knochenatrophie, die die Gibbusbildung hervorrufen soll, wird auf eine Schädigung der Blutgefäße zurückgeführt, mit gleichzeitiger Schädigung der Bandmasse, die die Kallusbildung verhindern soll.

Knochenmetastasen in der Wirbelsäule sind häufiger die Ursache von Synostosenbildungen unter den Wirbeln. Metastasen des Carcinoms, — besonders des Mamma- und Prostatacarcinoms — des Hypernephroms, der malignen Struma können die Knochenstruktur derart vernichten, daß es durch funktionelle Belastung zum Zusammenbruch der betroffenen Wirbelkörper und damit zur Bildung von Verknöcherungen unter den Wirbeln kommen kann. Myelogene Sarkome, Angiome und auch die Lymphogranulomatose haben gelegentlich ihren Sitz in der Wirbelsäule.

Zusammenfassend kann man sagen, daß in manchen Fällen eine einheitliche Auffassung über das Zustandekommen, sowohl der angeborenen als auch der erworbenen Synostosen an der Wirbelsäule zur Zeit noch nicht besteht. Es ist selbst mit den heutigen klinischen Mitteln oft sehr schwer, die angeborenen Synostosen von den erworbenen mit Sicherheit zu unterscheiden. Zur Feststellung der Art, Ausdehnung und Größe eines Verknöcherungsprozesses ist es unbedingt notwendig, Röntgenaufnahmen in mindestens zwei verschiedenen Ebenen zu machen — in vielen Fällen müssen auch stereoskopische Aufnahmen hinzugezogen werden — eine genaue einwandfreie Anamnese und einen ebenso einwandfreien klinischen Befund zu erheben. Die Entstehung und Ausbreitung der Synostosen an der Wirbelsäule ist, falls sie nicht schon primär bei der Geburt als Folge keimbedingter Differenzierungsunfähigkeit des Bandscheibensystems ausgebildet sind, abhängig von den erwähnten angeborenen oder erworbenen Faktoren und nicht zuletzt von der Größe und Richtung der statischen Belastung.

Hieraus ergibt sich gleichzeitig die Therapie. Ist in den meisten Fällen ein bereits begonnener Synostosierungsprozeß der Wirbel nicht aufzuhalten — bei manchen Prozessen ist er aus rein statischen Gründen notwendig —, so kann man, um dem Auftreten von stärkeren sekundären Krankheitserscheinungen entgegen zu treten, ein weiteres Fortschreiten der Synostosenbildungen verhindern, bezw. in mildere Bahnen lenken, durch Bekämpfung der jeweils auslösenden Krankheitsfaktoren und durch Entlastung des Wirbelsäulensystems.

Literaturverzeichnis.

- Aschoff:** Lehrbuch der path. Anatomie des Menschen, spez. Teil. Verlag Fischer — Jena 1923. S. 194, 205, 209, 221, 239.
- Böhm, M.:** Die angeborenen Entwicklungsfehler des Rumpfskeletts. Berl. klin. Wo. 1910, Nr. 42, S. 1946.
- Böhmig u. R. Prévot:** Vergleichende Untersuchungen zur Pathologie und Röntgenologie der Wirbelsäule. Fortschr. auf d. Geb. d. Röntgenstrahlen. Bd. 43, H. 5, S. 541.
- Drehmann:** Ueber angeborene Wirbeldefekte. Beitr. z. klin. Chir. Bd. 139, S. 191.
- Ehrlich:** Die sogen. Bechterew'sche Krankheit. Verl. Reiner Hobbing, Berl. 1930.
- Fränkel:** Ueber chronische Wirbelsäulenversteifung. Berl. klin. Wo. 1907, Nr. 3.
- Garré-Borchard:** Lehrbuch der Chirurgie. F. C. W. Vogel, Leipzig 1923. S. 200—233.
- Heise:** Ueber eine Anomalie der Lendenwirbelsäule. Ztrbl. für Chir. 227, S. 349, 1930.
- Haumann, W.:** Die Wirbelbrüche und ihre Endergebnisse. F. Enke, Stuttgart 1930.
- Hellner, H.:** Wirbelfrakturen und Spondylitis deformans. Archiv f. orth. Chir. 29, H. 4, S. 417, 1931.
- Hueck:** Anomalie der Lendenwirbelsäule und ihre Bedeutung. Münch. med. Wo. 1929, S. 2156.
- Junghanns, W.:** Altersveränderungen der menschlichen Wirbelsäule. Archiv. f. klin. Chir. Bd. 165, S. 303, Bd. 166, S. 106, Bd. 166, S. 120.
- Kallius, H. U.:** Systematik u. Klinik der Halswirbelsäule und Mißbildungen. Verhandl. 25. Orthop. Congr. 1930, S. 70.
- Kümmel, W.:** Die posttraumatischen Wirbelkörpererkrankungen. Langenbecks Archiv. 118, S. 876.
- Lange, F.:** Lehrbuch der Orthopädie. Jena 1922.
- Meyer-Burgdorff:** Oertlich konstitutionell bedingte Wirbelsäulenveränderungen. Bericht i. d. Verh. der Deutschen Röntgengesellschaft 1931. Bd. 235, S. 11.
- Müller, W.:** Pathologische Physiologie der Wirbelsäule. Ambr. Barth, Leipzig 1932.

- Putti, V.:** Die angeborenen Deformitäten der Wirbelsäule. Fortschritte auf dem Geb. d. Röntgenstr. 1909/10, Bd. 14, S. 285; und Bd. 15 S. 243.
- Partsch:** Kongenitale Halswirbel-Synostosen und Spina bifida cervicalis. Münch. med. Wo. 1926, Nr. 1.
- Rosenberg, E.:** Die verschiedenen Formen von Wirbelsäulen des Menschen. Fischer, Jena 1920.
- Ueber die Entwicklung der Wirbelsäule und des Centrale carpi beim Menschen. Morphologische Jahrbücher 1875, Bd. 1, H. 1, S. 83.
- Schmorl, G.:** Die Pathogenese der juvenilen Kyphose. Fortschr. a. d. Röntgenstr. 41, S. 359, 1930.
- Walter, H.:** Angeborene Synostosen der Lendenwirbelsäule. Archiv f. ortho. Chir. Bd. 29, 1931.
- Uebermuth:** Ueber die Altersveränderungen der menschlichen Zwischenwirbelscheibe und ihre Beziehungen zu den chronischen Gelenkleiden der Wirbelsäule. Bericht über d. Verhandl. d. sächsischen Akademie d. Wissenschaften. Leipzig, S. Hirscl, 1929. Arch. orth. Chir. Bd. 28, S. 771.

Lebenslauf.

Als Sohn des Reichsbahnobersekretärs Jost Nagel und seiner Ehefrau Anna geb. Dippel wurde ich, Adam Nagel, am 8. Juli 1907 in Wanne-Eickel geboren. Nach 4 Jahren Volksschule besuchte ich 9 Jahre das Realgymnasium in Wanne-Eickel, dann 2 Jahre das Realgymnasium in Katernberg, wo ich Ostern 1928 meine Reifeprüfung bestand. Ich wandte mich dann dem Studium der Medizin in Marburg zu und bestand dort nach 5 vorklinischen Semestern meine ärztliche Vorprüfung. Nach klinischen Semestern in Marburg, Innsbruck, Bonn und Münster bestand ich am 6. Dezember 1933 in Münster mein ärztliches Staatsexamen.

